UNITA' A2 – LA TERRA NEL SISTEMA SOLARE

1. FORMA E DIMENSIONI DELLA TERRA

La Terra ha una forma sferica, come del resto tutti gli altri corpi celesti di dimensioni non troppo piccole (gli asteroidi hanno invece una forma irregolare). Le immagini del nostro pianeta prese dalle sonde spaziali sono la prova migliore della sua sfericità. La forma del nostro pianeta non è però quello di una sfera perfetta. La Terra infatti non è immobile nello spazio ma, come vedremo meglio in seguito, è dotata di un **moto di rotazione** attorno ad un asse immaginario, **l'asse di rotazione terrestre**, e tale moto ha contribuito a modificarne la forma a causa della **forza centrifuga** a cui è soggetto ogni corpo in moto circolare. Pertanto, il globo terrestre è leggermente schiacciato ai poli e rigonfio all'Equatore. Pertanto il raggio terrestre è più lungo all'Equatore (**6378,16 km**) che ai poli (**6356,78** km): il raggio medio è di **6371 km**. Il solido geometrico che più si avvicina alla forma della Terra è l'**ellissoide di rotazione**, come viene chiamata la figura geometrica che viene ottenuta facendo ruotare un'ellisse attorno ad uno dei suoi due assi (che nel caso della Terra corrisponde all'asse minore cioè alla distanza tra i poli).In realtà, anche l'ellissoide non rappresenta la forma esatta della Terra, *perché non tiene conto degli effetti gravitazionali prodotti da una distribuzione non del tutto omogenea dei materiali che formano il pianeta*. La Terra non può quindi essere descritta da alcun solido, ma ha una forma particolare a cui viene dato il nome di **geoide** .Il geoide è il solido la cui superficie è perpendicolare, in ogni punto, alla direzione della forza di gravità data dalla direzione del filo a piombo. Rispetto all'ellissoide, il geoide è un po' rigonfio in corrispondenza dei continenti e compresso in corrispondenza degli oceani.

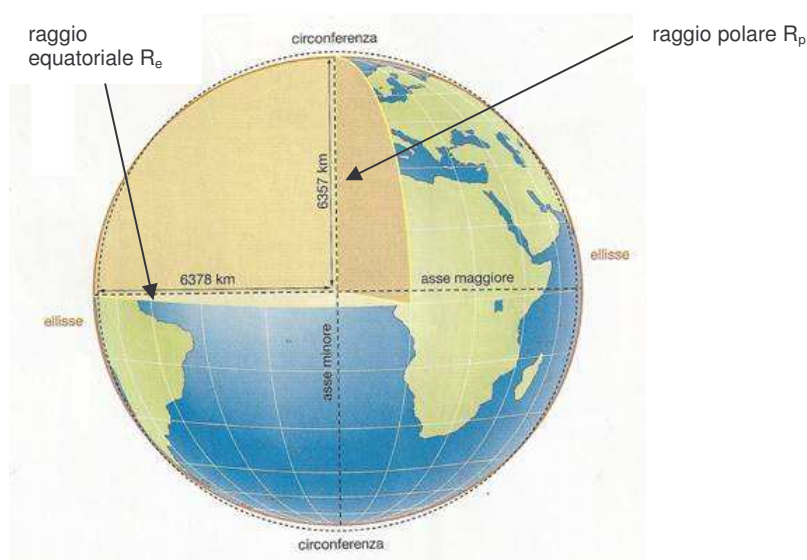
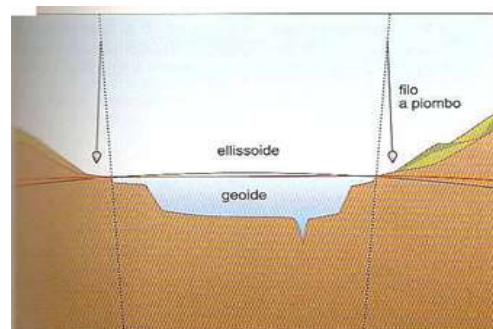
raggio equatoriale R_e

raggio polare R_p

Fig. 1 – Gli assi terrestri

$R_e – R_p$ = 21,38 km

Fig. 2 – Ellissoide e geoide

Tab.1 – Principa

DIMENSIONI	VALORI
raggio equatoriale	6378,16 km
raggio polare	6356,78 km
lunghezza dell'Equatore	40 076,592 km
lunghezza media del circolo	40 009,152 km
lunghezza di 1 ° all'Equatore	111,367 km
lunghezza di 1 ° medio di meridiano	111.121 km
superficie totale della Terra	510 110 900 km^2
volume dell'ellissoide	1 083 319 780 900 km^3
massa della Terra	5,976 x 10^{24} kg
densità media della Terra	5,52 g/cm^3

2. IL RETICOLATO GEOGRAFICO

La necessità di localizzare con precisione la posizione di qualsiasi oggetto sulla superficie terrestre ha portato all’ideazione di un **sistema di riferimento** convenzionale, costituito da un reticolato di linee immaginarie. Per costruire questo reticolato si parte dai **poli**, i punti di intersezione dell’asse terrestre con la superficie della Terra.

- Se immaginiamo di tagliare la superficie terrestre con piani passanti per l’asse di rotazione, si determina sulla superficie di tale sfera una serie di circonferenze uguali tra loro, i **circoli meridiani**, passanti per i poli; le semicirconferenze comprese tra un polo e l’altro costituiscono i **meridiani geografici**, ciascuno dei quali ha nella semicirconferenza opposta, a 180°, il proprio **antimeridiano**. **Quanti sono i meridiani?** Ovviamente in teoria sono infiniti perché i piani con i quali possiamo immaginare di tagliare la Terra sono infiniti. Tuttavia, si usa prendere in considerazione solo 180 piani, alla distanza angolare di un grado (1°) l’uno dall’altro. Nella figura sotto ne vedi soltanto 12 disegnati alla distanza di 15° l’uno dall’altro). Le semicirconferenze considerate dai 180 piani (detti ***meridiani di grado***) sono quindi 360 (180 meridiani e 180 antimeridiani).. Tra tutti i meridiani ne è stato individuato uno dal quale iniziare i conteggi e che è detto **meridiano di riferimento** e passa per l’osservatorio astronomico di Greenwich, presso Londra.
- Se immaginiamo di tagliare la sfera terrestre con un piano perpendicolare all’asse terrestre e passante per il centro della Terra, si determina sulla superficie di tale sfera una circonferenza, detta **Equatore**, che la divide in due emisferi: **l’emisfero settentrionale** (o artico o **boreale**) dalla parte del Polo Nord e l’**emisfero meridionale** (o antartico o **australe**) dalla parte del Polo Sud.
- Facendo inoltre passare altri piani perpendicolari all’asse di rotazione, si determina sulla superficie della sfera terrestre una serie di circonferenze di lunghezza diversa a seconda della distanza del piano di intersezione dal centro della Terra, parallele all’Equatore e tra loro, dette **paralleli**. Mentre ***i meridiani hanno tutti la stessa lunghezz***a, la ***larghezza dei paralleli diminuisce dall’Equatore ai Poli***, in corrispondenza dei quali i paralleli si riducono ad un punto. **Quanti sono i paralleli?** Ovviamente possiamo fare lo stesso ragionamento che abbiamo fatto per i meridiani perché anche i piani perpendicolari all’asse terrestre con cui possiamo immaginare di tagliare la Terra sono infiniti e di conseguenza il numero di paralleli è infinito. Tuttavia si usa prendere in considerazione solo 180 circonferenze che distano l’una dall’altra sempre 1°: perciò si dice che ci sono 90 paralleli a Nord dell’Equatore e 90 paralleli a sud dell’Equatore. Di questi, due sono particolarmente importanti: il ***Tropico del Cancro*** *che si trova a* ***23°27’ a Nord dell’Equatore*** *e il* ***Tropico del Capricorno*** *che si trova a****23°27’ a Sud dell’Equatore.*** I due paralleli che si trovano a **90**° a Nord e a Sud dell’Equatore non sono circonferenze, bensì punti, e rappresentano il Polo nord e il Polo sud.
- Meridiani e paralleli formano un insieme di linee perpendicolari tra loro che avvolgono la Terra come una rete, il **reticolato geografico**.

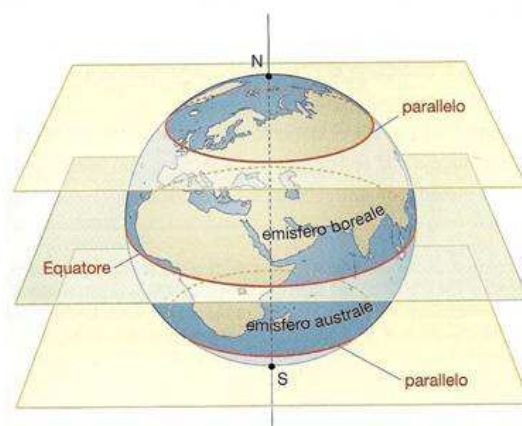
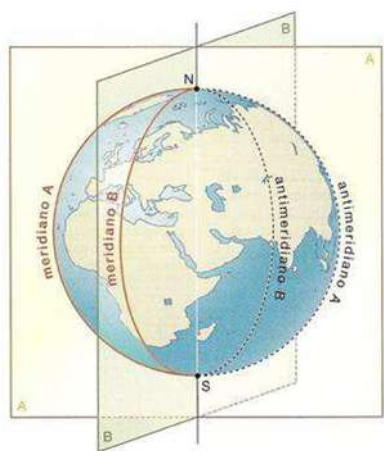



Fig. 3 – Meridiani e paralleli

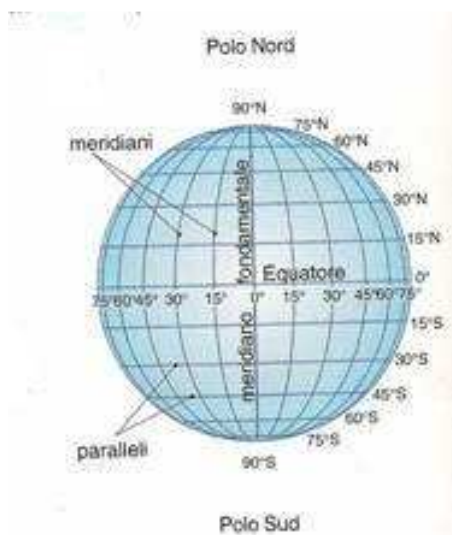



Fig. 4 – Il reticolato geografico

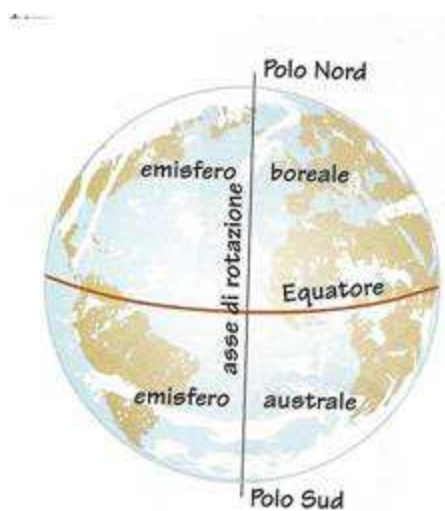



Fig. 5 – *Elementi convenzionali: Polo Nord, Polo Sud, Equatore, emisfero australe, emisfero boreale*

Fig. 5 – Il meridiano di Greenwich. Il Tropico del Cancro e il Tropico del Capricorno.

3. LE COORDINATE GEOGRAFICHE

La posizione di un punto sulla superficie terrestre viene determinata attraverso le sue **coordinate geografiche,** una coppia di valori che hanno come sistema di riferimento la rete dei meridiani e dei paralleli. In pratica è come avere un sistema di assi cartesiani in cui l'Equatore è l'asse delle ascisse e uno dei meridiani è l'asse delle ordinate. In base a tale sistema si possono individuare per ogni punto della superficie due **coordinate geografiche**, dette **longitudine**, l'ascissa, e **latitudine**, l'ordinata.

- La **longitudine** ***è la distanza angolare di un punto dal meridiano fondamentale, misurata***

sull'arco di parallelo che passa per quel punto. Essa corrisponde alla misura, in gradi e frazioni di grado, all'angolo compreso tra il piano del meridiano del punto e il piano del meridiano fondamentale. Può essere EST o OVEST a seconda che il punto si trovi a EST o a OVEST del meridiano fondamentale. Varia da 0° per i punti del meridiano fondamentale a 180°, è positiva per i punti ad Ovest e negativa per i punti a Est del meridiano fondamentale.

- La **latitudine** ***è la sua distanza angolare di un punto dall'Equatore, misurata lungo l'arco di meridiano passante per quel punto. Corrisponde all'angolo compreso, misurato in gradi e frazioni di grado, tra la verticale del luogo e il piano dell'Equatore. Varia da + 90° polo NORD a – 90° polo SUD. I punti lungo l'equatore hanno latitudine 0°.***

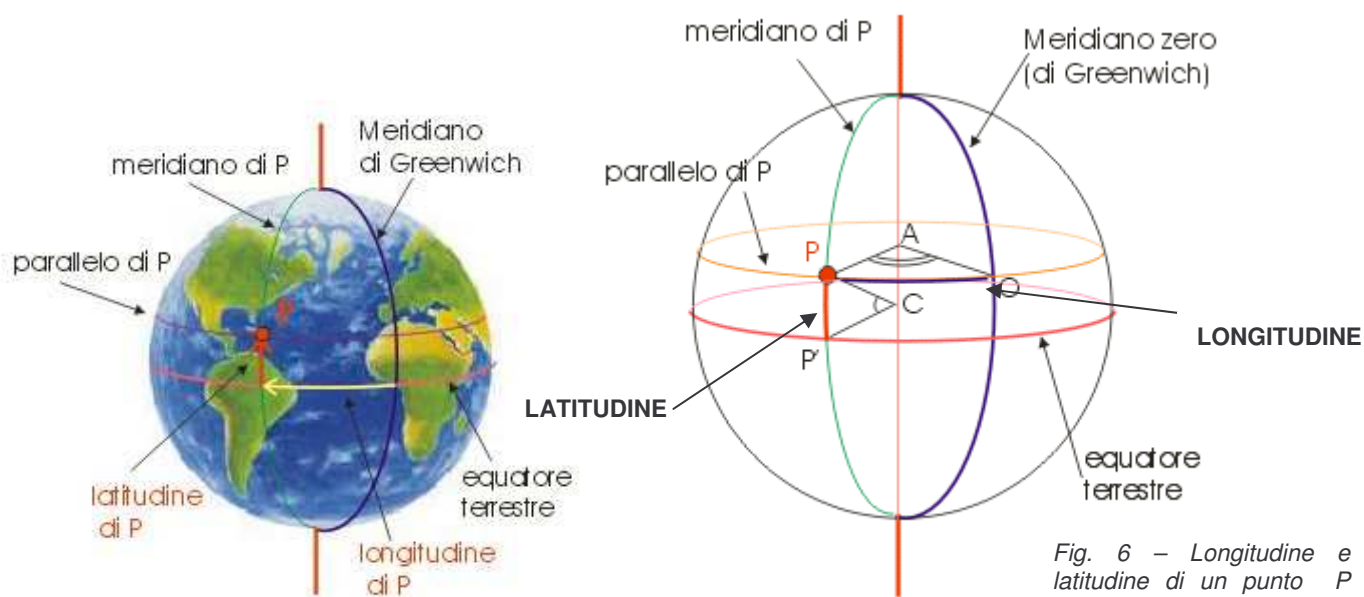
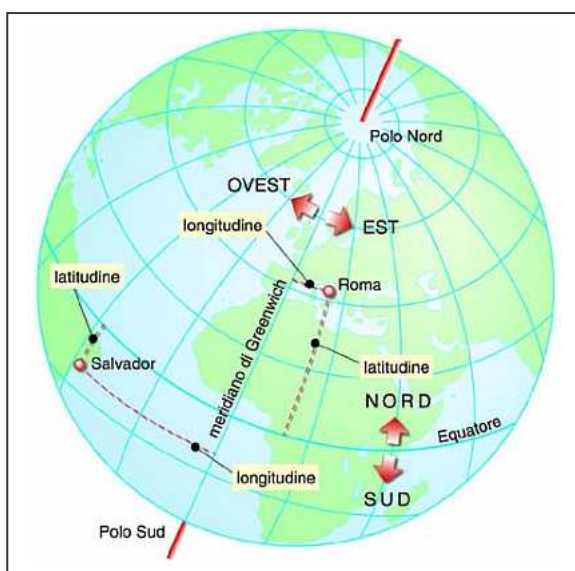



Fig. 6 – Longitudine e latitudine di un punto P sulla superficie terrestre. Es P lat.40°N long. 35°W

4. COME ORIENTARSI SULLA SUPERFICIE TERRESTRE

Fin dall'antichità, per definire in modo semplice la direzione in cui si trova un luogo rispetto al punto in cui si trova l'osservatore, ci si è riferiti alla posizione del Sole nel cielo. "Orientarsi" significa letteralmente "volgersi ad oriente" (dal latino oriri, nascere) cioè verso il punto dell'orizzonte in cui sorge il Sole. Quindi orientarsi

significa determinare i **punti cardinali**. Ogni giorno vediamo il Sole nascere ad **oriente** o **est** e lo vediamo tramontare dalla parte opposta, cioè ad **occidente** (dal latino *occìdere*, discendere) o **ovest** (anche se in realtà il Sole sorge esattamente ad est e tramonta esattamente ad ovest solo in due particolari giorni dell'anno). Inoltre, osservando il percorso del Sole in cielo, lo vediamo innalzarsi sul piano dell'orizzonte fino a raggiungere la massima altezza, detta **culminazione**, e quindi ridiscendere. Proiettando il punto in cui il Sole culmina sul piano che contiene l'orizzonte si individua il **meridione** o **sud** che si trova rispetto all'est con una rotazione di 90° in senso orario. La direzione diametralmente opposta al sud è detta **settentrione** o **nord** e si trova rispetto all'ovest con una rotazione di 90° in senso orario. Se l'osservatore si trova, ad esempio, rivolto a sud, avrà alle spalle il nord, alla destra l'ovest alla sinistra l'est.
Durante la notte si ricorre all'osservazione della volta celeste. Nell'emisfero boreale la stella di riferimento è la **Stella Polare** che permette di individuare il nord, mentre nell'emisfero australe è possibile determinare la direzione del sud individuando la costellazione della **Croce del Sud**.

5. I MOTI DELLA TERRA

La Terra compie diversi movimenti, che fanno variare la sua posizione nello spazio rispetto agli altri corpi celesti. I principali movimenti della Terra sono quello di **rotazione** attorno al proprio asse e quello di **rivoluzione** attorno al Sole.

a. IL MOTO DI ROTAZIONE E LE SUE CONSEGUENZE

La Terra ruota attorno al proprio asse, passante per i poli e chiamato **asse terrestre**, **da Ovest verso Est e quindi in senso orario** ed in senso inverso a l movimento che il Sole sembra compiere nel cielo dall'alba al tramonto.
La rotazione terrestre ha delle **conseguenze** molto importanti.

1. La conseguenza più evidente del moto di rotazione è l'**alternarsi** di un periodo di luce, il **dì**, e di un periodo di oscurità, la **notte**. L'alternarsi del dì e della notte costituisce il giorno, cioè il tempo dell'intera rotazione. A causa infatti della forma della Terra i raggi solari, che la colpiscono praticamente paralleli tra di loro, illuminano in ogni istante solo la metà della superficie terrestre rivolta verso il Sole. La circonferenza che separa la metà illuminata della Terra dalla metà in ombra, e che si sposta man mano che la Terra ruota, è detta **circolo di illuminazione**.

   Tale separazione sarebbe netta se non ci fosse l'atmosfera: in realtà a causa della presenza dell'atmosfera i raggi solari non giungono perfettamente perpendicolari sulla superficie terrestre per cui il passaggio dal dì alla notte avviene gradualmente. Infatti, a cominciare dai suoi strati superiori, l'atmosfera viene raggiunta dai raggi solari un po' prima dell'**alba** e devia una parte dei raggi solari verso la superficie terrestre; un fatto analogo si verifica al **tramonto**, a cominciare dagli strati inferiori. Si crea così, subito al di là del circolo di illuminazione, una fascia in cui la parte illuminata della Terra sfuma gradualmente nella parte buia; è questa l'origine del chiarore diffuso che caratterizza il **crepuscolo** e l'**aurora**. **Per chi si trova sulla parte ovest della fascia in cui la parte illuminata della Terra sfuma nella parte buia, il chiarore va affievolendosi e si ha il crepuscolo, mentre per chi si trova dalla parte opposto il chiarore va aumentando e si ha l'aurora**.

Fig. 7 – Crepuscoli e aurore

e-mail: loredana.58@alice.it

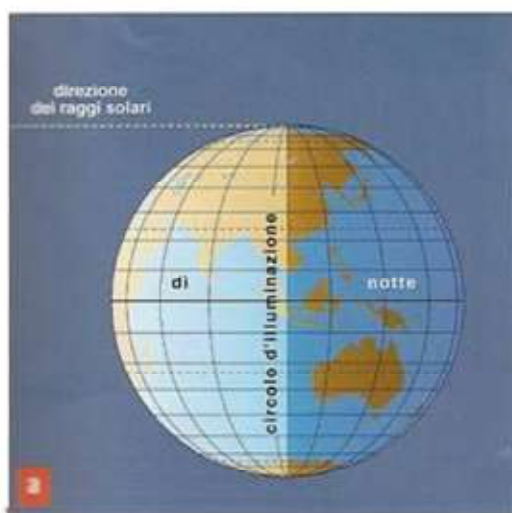



Fig. 8 – ***Il circolo di illuminazione***
Se non ci fosse l'atmosfera, il passaggio dalla metà illuminata alla metà buia della superficie terrestre sarebbe brusco e tra queste due parti esisterebbe una linea di separazione netta, ossia esisterebbe un circolo di illuminazione chiaramente individuabile.

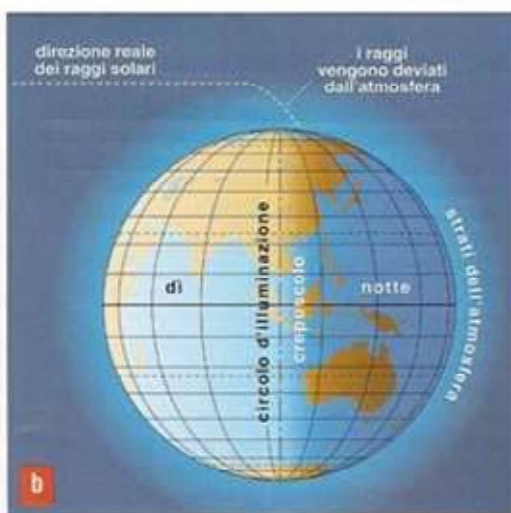



Fig. 9 – ***Effetto della presenza dell'atmosfera.*** *In presenza dell'atmosfera, la parte di essa in corrispondenza del circolo di illuminazione devia verso la superficie terrestre una parte dei raggi solari che la colpiscono. Si forma così, subito, al di là del circolo di illuminazione, nella zona che altrimenti sarebbe buia, una fascia in cui la parte illuminata della Terra sfuma gradualmente nella parte buia.*

2. Il moto di rotazione è responsabile del movimento apparente, in senso contrario, della **sfera celeste**, cioè dell'enorme sfera blu che sembra avvolgere la Terra e sulla quale ci sembrano proiettati tutti i corpi celesti. Questo movimento è solo apparente ed è dovuto al fatto che la Terra ruota su se stessa.

3. Dal momento che la Terra ruota su se stessa, tutti i corpi che si trovano sulla sua superficie sono soggetti all'azione della **forza centrifuga.** Questa forza è una **forza apparente** che agisce in direzione perpendicolare all'asse di rotazione ed è diretta verso l'esterno. Il suo valore aumenta allontanandosi dall'asse, perciò cresce con l'altitudine e diminuisce con la latitudine. A livello del mare, la forza centrifuga è nulla ai poli, poiché sono situati sull'asse di rotazione, ed è massima all'equatore, dove la distanza dall'asse di rotazione è massima. La forza centrifuga ha due importanti effetti:
- ha contribuito a **modificare la forma del nostro pianeta** che non è una sfera ma è leggermente schiacciata ai poli per cui la misura del raggio equatoriale è maggiore di quello che congiunge i poli.
- contrasta parzialmente la forza di attrazione gravitazionale, riducendo il valore dell'accelerazione di gravità ***g*** .

Fig. 10 – Forza di gravità e forza centrifuga

4. Il moto di rotazione produce un'altra forza apparente, la **forza di Coriolis**, che agisce sui corpi in movimento e che è responsabile della **deviazione dei corpi in moto sulla superficie terrestre**. Infatti tutti i corpi liberi di muoversi sulla superficie terrestre subiscono una deviazione apparente verso destra nell'emisfero boreale e verso sinistra in quello australe. Ad esempio una massa d'aria che si muove dall'Equatore verso i poli viene deviata dalla direzione iniziale e sembra compiere un movimento ricurvo. La forza di Coriolis provoca la deviazione anche dei corpi che si muovono lungo i paralleli, invece non si verifica quando un corpo si muove lungo l'Equatore.

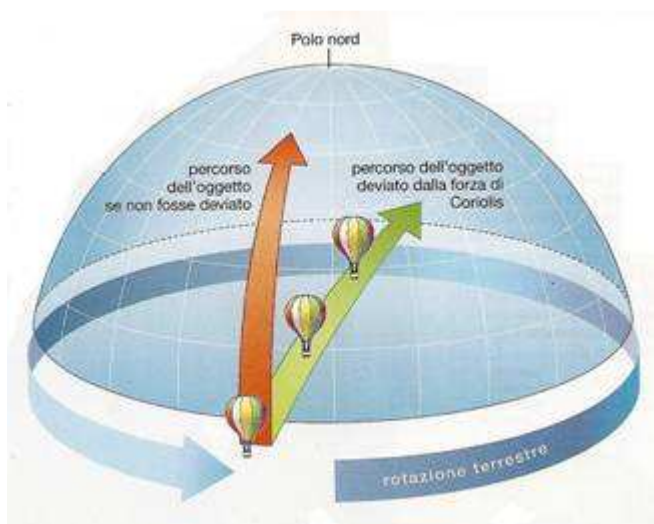
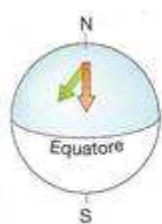
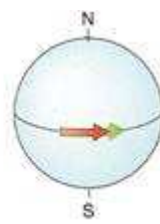
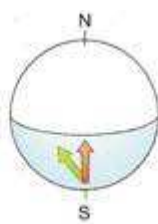



Fig. 11 – Il fenomeno della deviazione dei corpi in moto sulla superficie terrestre

Per effetto della forza di Coriolis, il corpo sembra descrivere una traiettoria spostata verso destra se si trova nell'emisfero boreale e verso sinistra se si trova in quello australe.

La direzione invece non varia se il corpo si sposta fra i punti situati sullo stesso parallelo.

Ciò accade perché il corpo tende a conservare la propria velocità lineare di rotazione, che è quella del punto di partenza, mentre se si sposta dalla zona equatoriale verso quella polare incontra punti che hanno una velocità lineare sempre minore (in quanto diminuisce la lunghezza dell'arco di circonferenza percorso).
Supponiamo ora che una mongolfiera vada dall'Equatore al Polo nord. Via via che si sposta verso Nord, la mongolfiera passa sopra punti della superficie terrestre che, come abbiamo detto, hanno velocità minore. La mongolfiera, partita dall'Equatore, dove la velocità di rotazione è più elevata, si tova quindi "in anticipo" rispetto ai punti della superficie terrestre presso il polo. Se continuiamo ad osservare la traiettoria della mongolfiera riferendola al suolo, questa traiettoria *appare* deviata rispetto alla sua direzione originale. Sulla mongolfiera non agisce alcuna forza reale: a deviare il suo moto non interviene infatti nessuna forza reale ma a deviarne il moto è solo la Terra che nel frattempo si sposta sotto di essa. Questa forza apparente viene appunto chiamata **forza di Coriolis.** La forza di Coriolis ha una notevole influenza sulla direzione della ***circolazione atmosferica*** e dei grandi circuiti delle ***correnti oceaniche.***

Il tempo impiegato dalla Terra per compiere una rotazione completa attorno al proprio asse ha una durata praticamente costante di **23h 56 min e 4 s**. Questo intervallo di tempo, che viene determinato prendendo come riferimento una stella lontana, viene chiamato **giorno sidereo**.
Il tempo che intercorre fra due culminazioni successive del Sole sullo stesso meridiano terrestre è chiamato invece **giorno solare**. La durata del giorno solare è di circa 24 ore, varia leggermente nel corso dell'anno in quanto dipende dalla velocità con cui la Terra percorre la sua orbita attorno al Sole; infatti, come per tutti gli altri pianeti la velocità della Terra è massima in perielio e minima in afelio. Per non risentire di questa variabilità si fa riferimento al **giorno solare medio** che corrisponde per definizione a **24 ore** esatte.Il giorno

solare medio è diviso in 24 parti, le **ore**; ogni ora è divisa in 60 **minuti**; ogni minuto è diviso in 60 **secondi**. L'istante che corrisponde al passaggio del Sole sul meridiano di un luogo, cioè il momento in cui il Sole culmina nel cielo è chiamato **mezzogiorno**; quando 12 ore dopo il Sole passa sul corrispondente antimeridiano, sul meridiano sarà **mezzanotte**.

b. IL MOTO DI RIVOLUZIONE

La Terra ruota intorno al Sole **in senso antiorario** compiendo un **moto di rivoluzione** e descrivendo un'orbita che ha la forma di un'ellisse, peraltro poco schiacciata, di cui il Sole occupa uno dei due fuochi (1^ Legge de Keplero). Il piano della Terra intorno al Sole è detto **piano dell'ECLITTICA.** In conseguenza della forma dell'orbita terrestre la distanza tra la Terra e il Sole varia nel corso dell'anno; la distanza media è di circa $1,496 \cdot 10^8$ km. **Il nostro pianeta si trova nel punto di minima distanza dal Sole** (circa 147 milioni di kilometri)**, cioè in perielio, il 3 gennaio, mentre è alla massima distanza** (circa 152 milioni di kilometri), **cioè in afelio, il 4 luglio**. Anche la velocità di rotazione non è costante: la Terra è più veloce quando si trova presso il perielio (30,3 km/s) ed è più lenta in afelio (29,3 km/s). Comunque queste variazioni di velocità non hanno influenze significative per la vita sulla Terra.
Quando viene considerato il Sole come punto di riferimento per misurare la durata del moto di rivoluzione, si parla di **anno solare**, della durata di **365 giorni, 5 ore, 48 minuti** e **46 secondi** (esso è calcolato come intervallo tra due successivi equinozi o solstizi)**.**
Se invece viene presa come punto di riferimento una stella lontana si parla di **anno sidereo** e la sua durata è di **365 giorni, 6 ore, 9 minuti** e **9,5 secondi** (esso è calcolato come intervallo tra due passaggi consecutivi del Sole nello stesso punto dello zodiaco).
Durante il suo moto di rivoluzione attorno al Sole la Terra mantiene inclinato il suo asse costantemente di **66°33'** rispetto al piano su cui giace l'orbita, chiamato appunto piano dell'eclittica si può anche dire che l'asse terrestre è inclinato di **23°27' rispetto alla perpendicolare al piano dell'eclittica**.

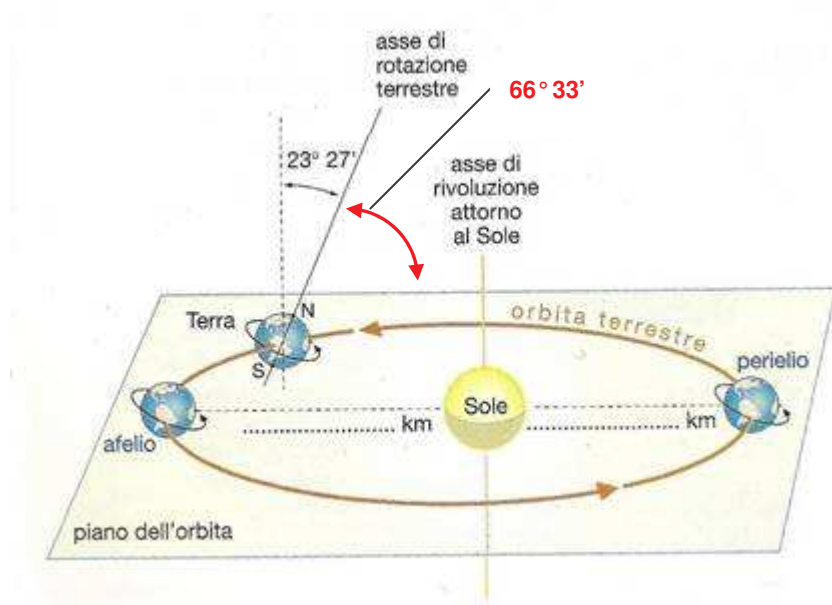



Fig. 12 – Il moto di rivoluzione terrestre

LE CONSEGUENZE DEL MOTO DI RIVOLUZIONE

A causa del moto di rivoluzione, la Terra modifica continuamente la sua posizione rispetto al Sole e questo comporta diverse conseguenze che andremo ad analizzare.

- **Giorno solare e giorno sidereo –** Il moto di rivoluzione della Terra è responsabile della diversa durata del giorno solare e del giorno sidereo. Per misurare la durata del giorno, occorre scegliere un punto di riferimento esterno alla Terra: si fissa la posizione in cielo del punto scelto e si misura l'intervallo di tempo che trascorre prima che esso venga a trovarsi davanti all'osservatore nella medesima posizione. Come riferimento si possono utilizzare le stelle (***giorno sidereo***) o il Sole (***giorno solare***).

Il **giorno sidereo** corrisponde all'intervallo di tempo che intercorre tra due passaggi successivi della medesima stella sul meridiano del luogo. La durata, come abbiamo già detto, è di **23h 56 min 4s** ed è la durata effettiva della rotazione terrestre.

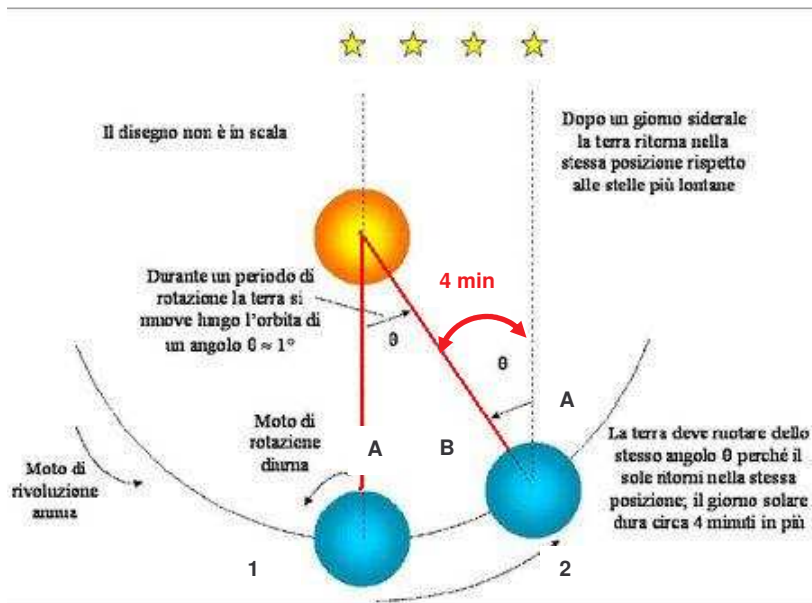



Fig. 13 – Differenza tra giorno sidereo e giorno solare.

Se però facciamo la stessa cosa riferendoci al Sole conteremo un tempo lievemente maggiore, circa **24 ore** che costituiscono il **giorno solare.**
Il **giorno solare** è l'intervallo di tempo che intercorre tra due passaggi successivi del Sole su uno stesso meridiano, ad esempio il meridiano A in fig. 9.:tale periodo corrisponde a quello necessario per compiere una rotazione di 360°. Dunque il Sole in 1 ora si muove apparentemente di 15°. Quindi per spostarsi da un meridiano a quello successivo, cioè per spostarsi di 1°, impiega 4 minuti.
Come si vede **giorno sidereo e giorno solare non hanno la stessa durata** perché bisogna considerare che la Terra, mentre ruota su se stessa, si muove anche attorno al Sole, passando dalla posizione 1 alla posizione 2 (vd. fig. 9). Quindi perché il sole passi nuovamente dal meridiano A, la Terra dovrà ruotare ancora fino a portare il meridiano in posizione B, e per fare ciò impiega **4 minuti: il giorno solare risulta pertanto più lungo del giorno sidereo di 4 minuti.**

- **La diversa durata del dì e della notte nel corso dell'anno e nei vari luoghi della Terra –** Nel nostro emisfero in inverno "viene buio" presto e il Sole sorge più tardi che in estate, mentre nell'emisfero australe avviene il contrario. Soltanto all'Equatore il periodo di luce e quello di oscurità hanno durata uguale di 12 ore ciascuno. Cerchiamo di capirne il motivo.

Durante il suo moto di rivoluzione attorno al Sole la Terra mantiene inclinato il suo asse di rotazione di 66°33' rispetto al piano dell'eclittica. Ciò comporta che, mentre la Terra percorre la sua orbita, l'asse di rotazione terrestre si sposta mantenendosi sempre parallelo a se stesso. Di conseguenza, l'orientamento dei raggi solari cambia continuamente nel corso dell'anno (fig. 14). **Che conseguenze ha il fatto che l'orientamento dell'asse terrestre (e quindi anche della Terra) rispetto ai raggi solari cambi nel corso dell'anno?** Per capirlo facciamo il seguente ragionamento: supponiamo che l'asse terrestre non fosse inclinato rispetto al piano dell'eclittica, ma fosse perpendicolare ad esso. In questo caso in qualsiasi giorno dell'anno il circolo di illuminazione taglierebbe in due parti uguali i paralleli (saremmo sempre nella situazione **2** della fig. 7.); pertanto, durante tutto l'anno, il dì e al notte avrebbero la durata di 12 ore ciascuno e i raggi solari sarebbero sempre perpendicolari all'Equatore.
Ma l'asse di rotazione è inclinato rispetto al piano dell'eclittica: in questo caso, **solo due volte all'anno il circolo di illuminazione passa esattamente per i poli** e quindi **solo due volte all'anno il dì e la notte hanno la stessa durata in tutti i punti del pianeta.** Questi due giorni sono detti **equinozi** e cadono il 21 marzo (**equinozio di primavera**) e il 23 settembre (**equinozio d'autunno**). In tutti gli altri giorni dell'anno alternativamente uno dei due poli si trova nella metà illuminata della Terra e l'altro nella metà oscura. Infatti a partire da ciascuno dei due equinozi il circolo di illuminazione si allontana via via dai poli fino a raggiungere la distanza massima da essi in uno dei due giorni di **solstizio**, che cadono rispettivamente il 21 giugno (**solstizio d'estate**) e il 22 dicembre (**solstizio d'inverno**).La durata massima del dì nell'emisfero boreale si ha dunque il 21 giugno (solstizio d'estate), mentre la durata minima si ha il 21 dicembre (solstizio d'inverno). **Il solstizio d'estate e il solstizio d'inverno sono i punti intermedi, a 90° dagli equinozi**; in tali posizioni **il circolo di illuminazione è tangente a due paralleli particolari: il Circolo polare artico (a 66°33' a Nord dell'Equatore) e il Circolo polare antartico (a 66°33' a Sud dell'Equatore)**

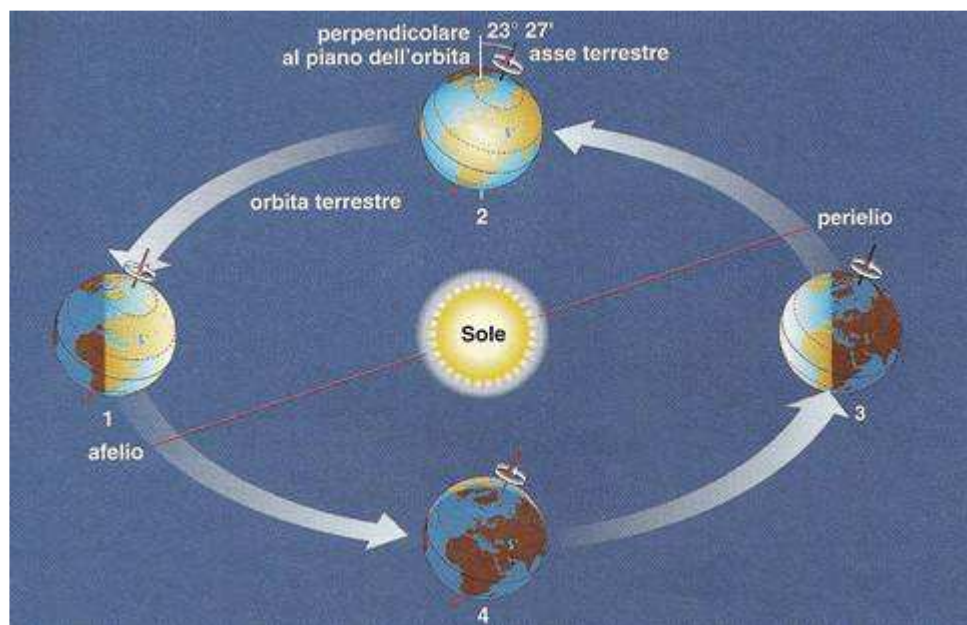



*Fig. 14 – **L'inclinazione dell'asse terrestre rispetto al piano dell'orbita è costante.** Durante il moto di rivoluzione della Terra, l'asse terrestre è sempre parallelo a se stesso. Pertanto al variare della posizione della Terra lungo l'orbita, varia anche l'orientamento dell'asse terrestre, e quindi anche quello della Terra, rispetto ai raggi solari.*

N
0°
23° 27'
46° 54'
90°
Sole
66° 33'
43° 06'
S
0°

N
0°
23° 27'
66° 33'
90°
Sole
66° 33'
23° 27'
0°
S

solstizio d'estate 21/6

linea equinozi

equinozio di primavera 21/3

linea solstizi

SOLE

solstizio d'inverno 21/12

equinozio d'autunno 21/9

N
0°
23° 27'
66° 33'
90°
Sole
66° 33'
23° 27'
0°
S

0°
N
43° 06'
66° 33'
90°
Sole
46° 54'
23° 27'
S
0°

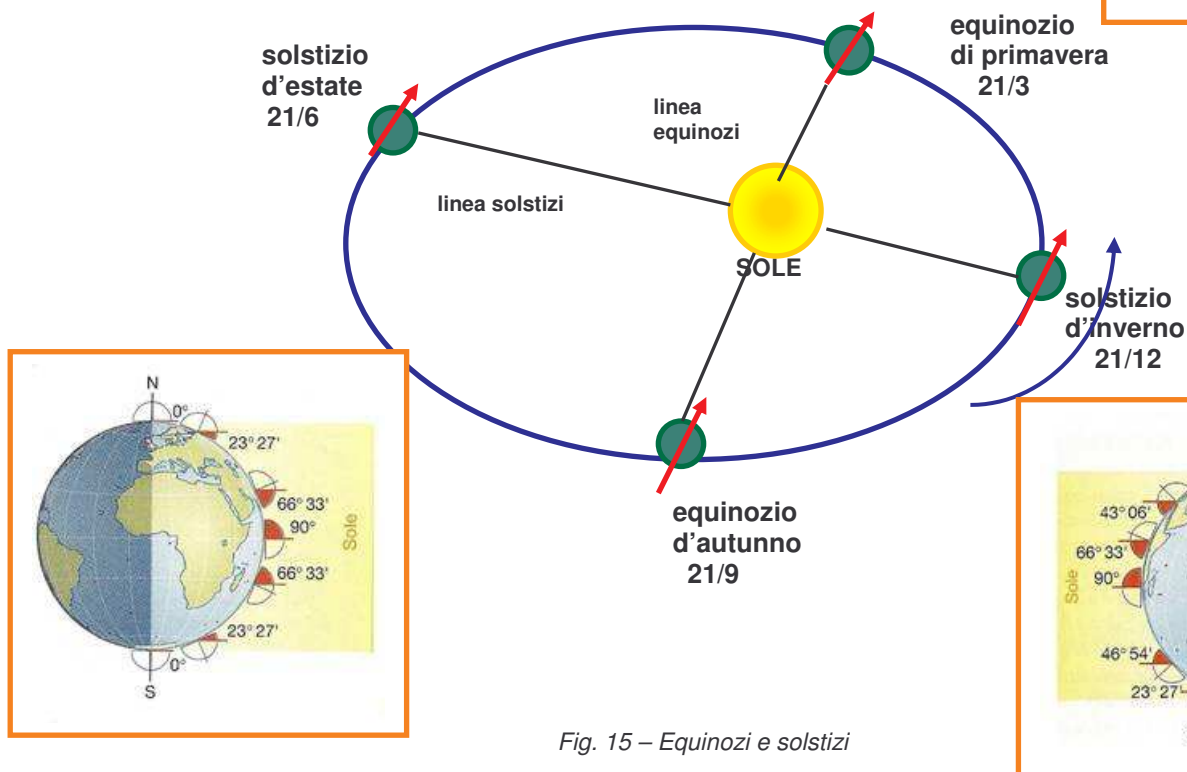
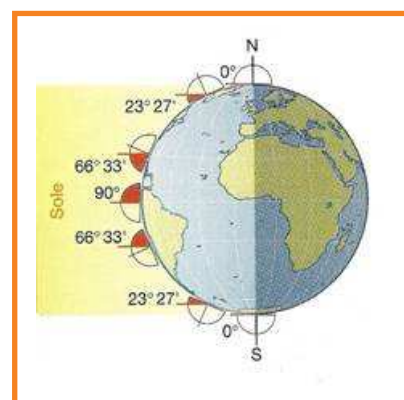
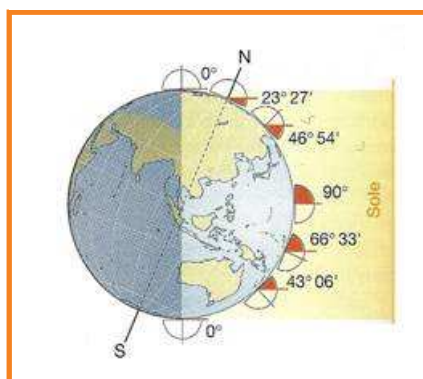



Fig. 15 – Equinozi e solstizi

- **L'alternarsi delle stagioni** – Il moto di rivoluzione della Terra e l'inclinazione dell'asse terrestre determina la differente durata del dì nel corso del tempo, in ogni luogo del pianeta, tranne che all'Equatore; e dalla durata del dì dipende, a sua volta, la quantità di calore ricevuta dai vari luoghi. Estendendo l'osservazione a tutto il tempo che la Terra impiega per compiere un giro completo attorno al sole, possiamo dire che:
  - i periodi dell'anno in cui il dì dura più della notte sono i periodi più caldi;
  - quelli in cui la notte dura più del dì sono i più freddi;
  - temperature intermedie si registrano quando il dì e la notte hanno durata poco diversa.

Questo succedersi di periodi più caldi e periodi più freddi viene indicato come **alternanza delle stagioni.**
Per capire in che modo l'alternarsi delle stagioni, con le loro differenze climatiche, sia legato al moto di rivoluzione della Terra attorno al Sole e all'inclinazione dell'asse terrestre (vd. Figg. 16-17)consideriamo innanzitutto la situazione che corrisponde alla posizione occupata dalla terra il giorno del **solstizio d'estate**: l'emisfero settentrionale è illuminato in misura maggiore dell'emisfero meridionale perché , in questa situazione, assieme all'asse terrestre è il Polo Nord ad essere "inclinato" verso il Sole. In questo giorno, alla culminazione del Sole, i raggi sono perpendicolari alla superficie terrestre nei punti che si trovano a 23°27' di latitudine nord, in corrispondenza del parallelo detto **Tropico del Cancro**, mentre il circolo di illuminazione è tangente ai due paralleli che si trovano a 66° 33' di altitudine nord (in corrispondenza del **Circolo Polare Artico**) e a 66° 33' di latitudine sud (in corrispondenza del **Circolo Polare Antartico**) e taglia obliquamente tutti i paralleli compresi tra i due circoli polari e l'equatore. In questo giorno **nell'emisfero settentrionale la durata del dì è maggiore della durata della notte, mentre nell'emisfero meridiane accade il contrario.** Inoltre **la differenza fra la durata del dì e quella della notte aumenta all'aumentare della latitudine** e solo all'Equatore si hanno 12 ore di luce e 12 ore di oscurità, cioè la durata del dì è uguale a quella della notte.
Tutti i punti compresi tra il Circolo Polare Artico e il Polo Nord sono illuminati durante tutte le 24 ore del giorno; viceversa durante lo stesso arco di tempo, tutti i punti compresi tra il Circolo Polare Antartico e il Polo Sud rimangono al buio.
In queste condizioni, l'emisfero settentrionale riceve più calore dal Sole di quanto ne riceve quello meridionale per due motivi:

- **nell'emisfero settentrionale il Sole rimane più a lungo al di sopra dell'orizzonte** (il dì dura più della notte)
- **i raggi solari incidono meno inclinati sulla parte illuminata dell'emisfero settentrionale** che sulla parte illuminata dell'emisfero meridionale. Quindi i raggi solari, e pertanto il calore, sono mediamente più concentrati nell'emisfero settentrionale rispetto a quello meridionale.

Nel **solstizio d'inverno** si verificano le condizioni opposte: alla culminazione del Sole, i raggi solari sono perpendicolari alla superficie della Terra nei punti a 23° 27' di latitudine sud rispetto al **Tropico del Capricorno**, e il dì è più lungo della notte nell'emisfero meridionale, mentre è più corto in quello settentrionale; la calotta artica si trova completamente in ombra, mentre quella antartica è completamente illuminata. **In queste condizioni l'emisfero meridionale riceve più calore di quello settentrionale**.
Quindi i due emisferi terrestri sono riscaldati in misura maggiore o minore durante l'anno, a seconda che ciascun emisfero sia rivolto verso il Sole o al contrario. Dunque **le stagioni sono invertite nei due emisferi.** L'estate è il periodo più caldo dell'anno nell'emisfero boreale; ma la nostra estate corrisponde al periodo più freddo e con le notti più lunghe nell'emisfero australe. La variazione della distanza della Terra dal Sole non ha invece importanza nel succedersi dei periodi più caldi e più freddi durante l'anno. Tanto è che la Terra è in perielio all'inizio di gennaio (per noi in pieno inverno) e in afelio all'inizio di luglio(per noi, estate).

Tab. 2 – Le quattro stagioni nei due emisferi

Emisfero settentrionale	Emisfero meridionale	Durata
Primavera	Autunno	21 marzo – 21 giugno
Estate	Inverno	21 giugno – 23 settembre
Autunno	Primavera	23 settembre – 22 dicembre
Inverno	Estate	22 dicembre – 21 marzo

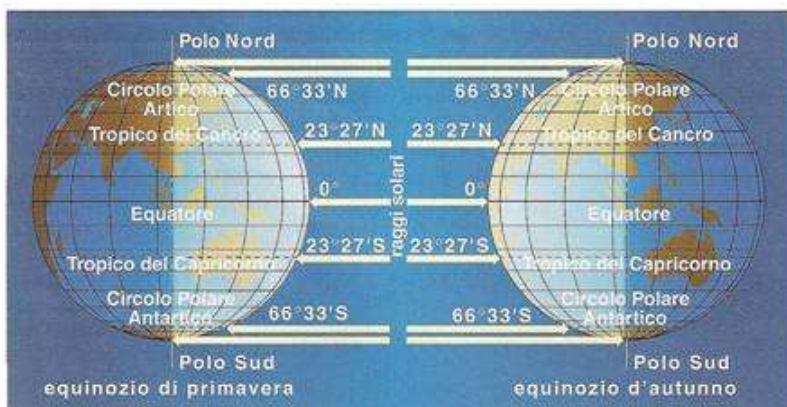



*Fig. 16 – **Situazione di illuminazione della Terra agli equinozi.** Nei due giorni degli equinozi i raggi solari sono perpendicolari all'Equatore, mentre sono tangenti ai poli. Il circolo di illuminazione passa per entrambe i poli e taglia esattamente a metà tutti i paralleli; di conseguenza, in tutti i punti della Terra il dì e la notte hanno la stessa durata.*

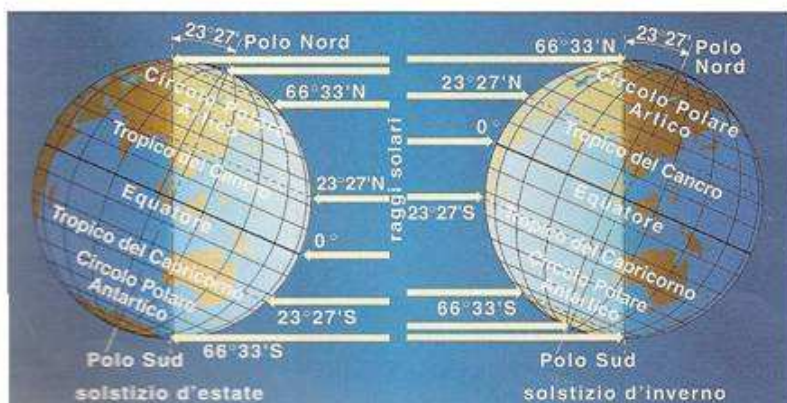



*Fig. 17 – **Situazione di illuminazione della Terra ai solstizi.** Nei due giorni dei solstizi, alla culminazione i raggi solari sono perpendicolari ai due tropici, e precisamente, al Tropico del Cancro nel solstizio d'estate e al Tropico del Capricorno nel solstizio d'inverno. In entrambe questi due giorni il circolo d'illuminazione raggiunge la massima distanza dai poli. Nel solstizio d'estate l'illuminazione e il riscaldamento sono maggiori nell'emisfero settentrionale dove il dì è più lungo della notte e i raggi solari sono mediamente meno inclinato rispetto alla superficie terrestre. Nel solstizio d'inverno accade invece esattamente l'inverso.*

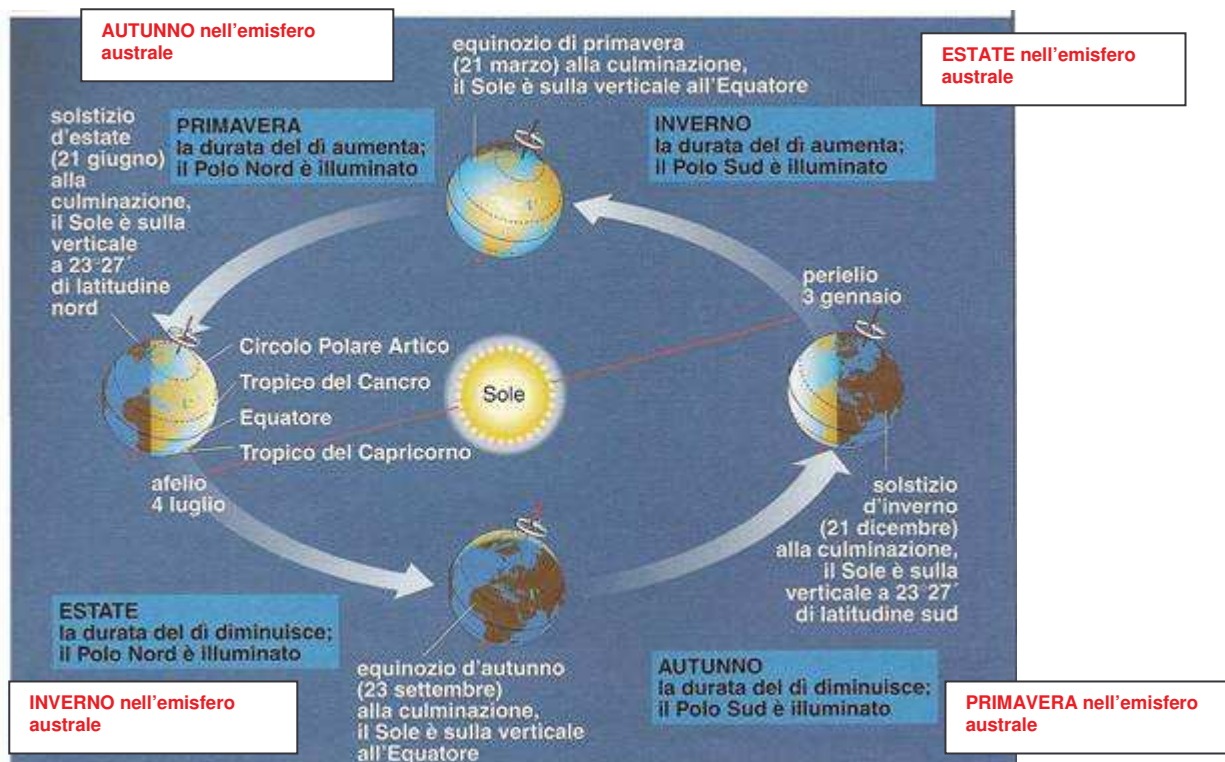



*Fig. 18 – **L'alternarsi delle stagioni.** Il fatto che l'asse terrestre sia inclinato rispetto al piano dell'orbita fa sì che vari continuamente nel corso dell'anno l'entità del riscaldamento nei due emisferi e ciò ha come conseguenza l'alternarsi delle stagioni. In figura è riportato **l'alternarsi delle stagioni nell'emisfero settentrionale**. Nell'emisfero meridionale le stagioni sono invertite rispetto a quelle dell'emisfero settentrionale (invece dell'estate si ha l'inverno, ed invece della primavera si ha l'autunno).*

I due tropici e i due circoli polari dividono la superficie terrestre in cinque fasce, chiamate **zone astronomiche**, caratterizzate da condizioni diverse di riscaldamento durante l’anno**.** Esse sono, da Nord a Sud:

- **la calotta polare artica**
- **la zona temperata boreale**
- **la zona intertropicale** (o **zona torrida**)
- **la zona temperata australe**
- **la calotta polare antartica**

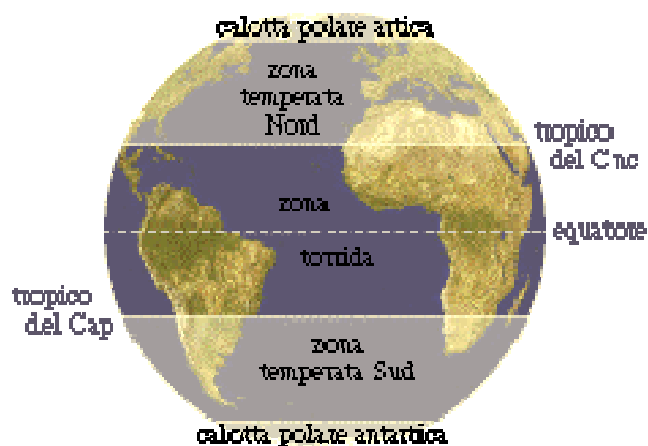
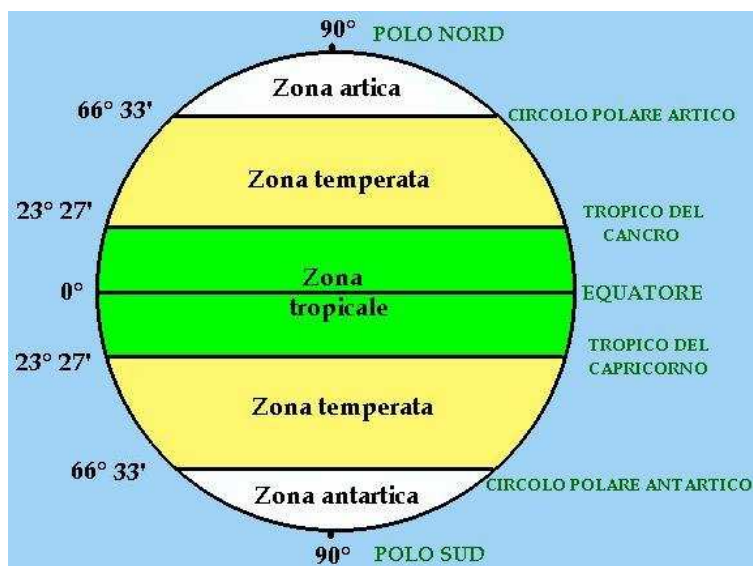



Fig.19 – Le zone astronomiche

Nelle **calotte polari** i raggi giungono sempre obliqui; in un periodo dell’anno essi non colpiscono affatto la superficie terrestre per tutte le 24 ore e addirittura per più giorni consecutivi (circa sei mesi ai poli). Qui durante tutto l’anno si alternano *un gran dì* e una *grande notte.*
Nelle **zone temperate** i raggi del Sole arrivano sempre più o meno obliqui. Le durate del dì e della notte possono essere molto differenti.
Nella **zona intertropicale** i raggi solari sono perpendicolari alla superficie terrestre due volte l’anno. La differenza della durata tra il dì e la notte non è mai molto forte.

Bibliografia

- *D.G. Mackean, Laura Masini – “Natura, Terra e Vita” T1- T2 “ La Terra nell’Universo – Il sistema Terra”*
- *Ed. Scolastiche Bruno Mondatori*
- *D. Casagrande, F. Fantini,…. “15 Moduli per lo Studio delle Scienze della Natura” vol. A - Ed. Italo Bovolenta*
- *LA SCIENZA – vol 2 “Il Sistema Solare”- La biblioteca di Repubblica*
- *I.Neviani, C.Pignocchino Feyles “Pianeta tre” ed. SEI*
- *Calmieri, Parotto, Saraceni, Strumia “ Immagini ed itinerari di Scienze della Natura ABC” ed. Zanichelli*
- www.anisn.it
- www.cieloeterra.it
- www.ed-scuoladibase.it/.../geografia/
- www.ingegneriadelsole.it